

Prise en charge des brûlures en préhospitalier et aux urgences

Prehospital and Emergency Department Burn Care

I. Arnaudet · E. Montassier · F. Javaudin · E. Naux · Q. Le Bastard

Reçu le 9 décembre 2019 ; accepté le 16 octobre 2021
© SFMU et Lavoisier SAS 2021

Résumé Une brûlure est une lésion de la peau ou d'un autre tissu organique principalement causée par la chaleur ou les rayonnements, la radioactivité, l'électricité, la friction ou le contact avec des produits chimiques. Les plus fréquentes, les brûlures thermiques (dues à la chaleur), surviennent lorsque certaines cellules ou toutes les cellules de la peau ou d'autres tissus sont détruites par des liquides bouillants, des solides chauds (brûlures de contact), ou des flammes. En France, l'incidence des brûlures prises en charge à l'hôpital est environ de 13 pour 100 000 habitants. La prise en charge en urgence du brûlé grave par lésion thermique est bien décrite, une recommandation de pratique professionnelle a été publiée en 2019 par la Société française d'anesthésie et de réanimation, en association avec la Société francophone de brûlologie, la Société française de médecine d'urgence et l'Association des anesthésistes-réanimateurs pédiatriques d'expression française. Pourtant, l'urgentiste va être confronté à de nombreuses brûlures de gravité et de nature différentes. Nous faisons ici une mise au point sur les données connues en termes d'épidémiologie, de manifestations cliniques et des différentes thérapeutiques qui peuvent être proposées dans la prise en charge des brûlures. Nous faisons aussi le point sur les localisations à risque particulier que l'urgentiste doit connaître, ainsi que sur les intoxications qui peuvent être associées aux brûlures. Nous détaillons aussi certains contaminants qui sont à connaître.

Mots clés Brûlure · Préhospitalier · Service d'urgences · Prise en charge · Traitement · Orientation

Abstract A burn is an injury to the skin or other organic tissue primarily caused by heat or due to radiation, radioactivity, electricity, friction, or contact with chemicals. The most frequent, thermal (heat) burns occur when some or all of the cells in the skin or other tissues get destroyed by hot liquids (scalds), hot solids (contact burns), or flames (flame burns). In France, the incidence of burns treated in hospital is approximately 13 per 100,000 inhabitants. Emergency care of the patient with an extensive thermal burn is well described in the 2019 professional recommendation from the SFAR, SFB, SFMU, and ADARPEF. However, the emergency physician will face many burns of different severity and nature. Here, we focus on the known data in terms of epidemiology, clinical manifestations, and the different therapies that can be offered in the management of burns. We also take stock of the particular risk locations that the emergency physician should be aware of, as well as the intoxication that may be associated with burns. We also detail some contaminants that are to be known.

Keywords Burn · Prehospital care · Emergency department · Management · Treatment · Referral

Introduction

Une brûlure est une lésion de la peau ou d'un autre tissu organique principalement causée par la chaleur ou les rayonnements, la radioactivité, l'électricité, la friction ou le contact avec des produits chimiques [1]. Tous les stades de gravité sont possibles, selon l'importance de la destruction de la membrane basale de la peau (nulle, partielle ou totale) et l'étiologie. Les brûlures peuvent être intentionnelles (agression, suicide) ou accidentelles (accidents de la circulation, du travail, de la vie courante). Les brûlures peuvent être associées à d'autres traumatismes, dont la gestion sera prioritaire, mais aussi à d'autres lésions comme l'inhalation de

I. Arnaudet · E. Montassier (✉) · F. Javaudin · Q. Le Bastard
Service des urgences, CHU de Nantes,
F-44000 Nantes, France
e-mail : emmanuel.montassier@chu-nantes.fr

E. Montassier · F. Javaudin · Q. Le Bastard
Laboratoire MiHAR, université de Nantes,
F-44000 Nantes, France

E. Naux
Service d'anesthésie-réanimation chirurgicale,
centre de traitement des brûlés adultes, CHU de Nantes,
F-44000 Nantes, France

fumée d'incendie. Les brûlures thermiques (dues à la chaleur) surviennent lorsque certaines cellules ou toutes les cellules de la peau ou d'autres tissus sont détruites par des liquides bouillants, des solides chauds (brûlures de contact) ou des flammes. La brûlure thermique est la plus fréquente (80 à 90 % des brûlures), mais elle peut aussi être mécanique, électrique, chimique, radique, infectieuse ou cryogénique [1,2]. Les dernières recommandations de pratiques professionnelles [3] précisent exclusivement la définition du brûlé grave selon l'âge, la surface corporelle brûlée (SCB) [SCB > 20 % chez l'adulte ; > 10 % chez l'enfant], la profondeur (> 5 % des SCB de troisième degré), l'inhalation, la localisation (face, main, pied, périnée), l'existence de comorbidité et l'agent vulnérant (Tableau 1).

Épidémiologie

En France, l'incidence des brûlures prises en charge à l'hôpital est d'environ 13 pour 100 000 habitants. Cette incidence est en légère diminution, vraisemblablement en raison des actions de prévention mises en œuvre depuis de nombreuses années, mais reste probablement sous-évaluée par

défaut de codage [4]. Les étiologies varient suivant l'âge et le sexe. L'enfant est principalement victime d'accidents domestiques de type accident d'ébullition, avec un pic de fréquence entre 0 et 2 ans. Chez l'adulte, les circonstances sont plus variées, avec principalement les accidents du travail et les accidents domestiques, qui surviennent plus fréquemment chez des hommes que chez des femmes. Le taux d'hospitalisation reste stable (8 120 hospitalisations en 2014), dont 3 714 en centre de traitement des brûlés (CTB) [4]. Les enfants de moins de cinq ans représentent un tiers de ces hospitalisations. La mortalité intrahospitalière est de 2,3 % en France [4]. Les facteurs de risque de mortalité identifiés sont la SCB supérieure à 40 %, l'âge supérieur à 60 ans et l'inhalation. Cette mortalité est de 0,3 % sans facteur de risque, de 3 % avec un facteur, de 33 % avec deux facteurs et de 90 % avec trois facteurs de risque [5,6]. Chez l'enfant, les facteurs de risque de mortalité identifiés sont la SCB supérieure à 60%, l'inhalation et le sexe féminin [5].

Dans les pays émergents, l'épidémiologie est différente, en particulier avec une incidence élevée chez les jeunes femmes [6]. À noter que certains territoires français ultramarins présentant une épidémiologie similaire. En outre, le taux de décès chez les enfants suite à une brûlure est actuellement

Tableau 1 Définition du brûlé grave de l'adulte et de l'enfant, selon les recommandations de pratique professionnelle [3]

Adulte

SCB > 20 %

SCB 3^e degré > 5 %

Syndrome inhalation de fumées

Localisation à risque particulier

Face, mains, pieds, périnée

Brûlure électrique de haut voltage

SCB < 20 % et un item parmi :

> 75 ans

Comorbidités sévères

Inhalation de fumées suspectée ou avérée

Brûlure circulaire profonde

Localisation superficielle particulière

Face, main, pied, périnée, plis

SCB > 10 %

SCB 3^e degré 3-5 %

Brûlure électrique de bas voltage

Brûlure chimique (acide fluorhydrique)

Enfant

SCB > 10 %

SCB 3^e degré > 5 %

Nourrisson < 1 an

Comorbidité sévère

Syndrome d'inhalation de fumées

Localisations particulières profondes

Face, main, pied, périnée, plis de flexion

Brûlure circulaire

Brûlure électrique ou chimique

SCB : surface corporelle brûlée

plus de sept fois plus élevé dans les pays à revenu faible ou moyen que dans les pays à revenu élevé. Dans ces pays à revenu faible ou moyen, d'après l'Organisation mondiale de la santé, les brûlures sont parmi les principales causes de perte d'années de vie ajustées sur l'incapacité [1].

L'actualité récente et le risque d'attentat nous imposent de pondérer les précédentes données à l'aulne de l'expérience militaire. L'épidémiologie des blessures au combat montre que 5 à 10 % sont des brûlures. La particularité dans ce cas est leur association à des lésions traumatiques de blast (54 vs 12 % hors combat), le plus souvent par des engins explosifs improvisés. Il est aussi noté une plus grande fréquence de lésions d'inhalation (20 vs 6 % hors combat) [7,8].

Physiopathologie

La brûlure est une maladie inflammatoire. La réponse inflammatoire locale (biochimique et cellulaire) est proportionnelle à l'importance de la destruction de la membrane basale et des structures sous-jacentes. La brûlure crée une modification des pressions oncotiques tissulaires, liée à la fois à la dénaturation des protéines interstitielles ainsi qu'à la fuite capillaire importante de protéines plasmatiques de haut poids moléculaire jusqu'à la 12^e heure. Cette augmentation de pression oncotique, associée à un blocage transitoire du drainage veineux, crée un mouvement de l'eau intravasculaire vers le milieu extravasculaire. L'œdème lésionnel va alors se développer. La formation des œdèmes est très rapide, 90 % survenant en quatre heures. Ensuite, un équilibre s'installe avec une augmentation du débit de résorption lymphatique (jusqu'à 50 fois le débit normal) [9]. La rapidité de constitution et le volume des œdèmes sont plus importants si les brûlures sont superficielles et intermédiaires en raison de la préservation de la vascularisation locale. À l'inverse, les œdèmes vont perdurer plus longtemps en cas de brûlure profonde en raison de la destruction du système lymphatique [10,11]. Aucune étude n'a permis à ce jour de réellement comprendre les mécanismes de la brûlure et d'en tirer une conséquence thérapeutique pratique. Les troubles de la circulation locale vont de plus aggraver l'ischémie tissulaire de la zone touchée.

À partir de 20 % de SCB chez l'adulte, cette réaction inflammatoire [2] va dépasser le cadre local et provoquer un syndrome inflammatoire de réponse systémique (SIRS) qui évoluera pour son propre compte et qui pourra aboutir à un syndrome de défaillance multiviscérale (SDMV) [12]. Le patient brûlé devient ainsi un brûlé grave, avec successivement deux grandes étapes : le choc des brûlés puis une phase d'hypercatabolisme [13]. Le choc des brûlés correspond aux 24 à 48 premières heures. C'est une phase pro-inflammatoire (macrophages, IL-6, TNF α et autres médiateurs) pouvant aboutir à un SDMV précoce [12]. Il y a une

activation de la coagulation (d'où une hypocoagulabilité transitoire), une réponse hémodynamique et myocardique, une perméabilité vasculaire, une perméabilité épithéliale et une modification du métabolisme du fer.

La fuite d'eau extravasculaire se généralisant, les œdèmes des brûlures supérieures à 20 % de SCB sont responsables d'une hypovolémie [14] inéluctablement mortelle en l'absence de correction [1]. Les mécanismes en sont multiples, tant par les dysfonctions micro- et macrocirculatoires, que par les réactions inflammatoires et oxydatives, locales et systémiques [15], probablement médiées par des mécanismes cellulaires non élucidés [16]. D'un point de vue hémodynamique, le choc des brûlés passe par trois phases [12]. La première phase est caractérisée par une augmentation des résistances vasculaires systémiques et pulmonaires. Cette augmentation est précoce et survient dans les 30 à 60 minutes suivant la brûlure. Il est possible d'observer un cœur pulmonaire aigu. La deuxième phase se développe après, entre trois et quatre heures. Elle se caractérise par une augmentation de la perméabilité pulmonaire avec élévation modérée de la pression artérielle pulmonaire et une réduction significative du débit cardiaque. La troisième phase correspond au profil hyperdynamique hyperkinétique. Il existe une baisse de la réponse aux vasoconstricteurs, tant périphériques que pulmonaires (avec une réduction de la vasoconstriction hypoxique et une augmentation du débit shunté). Cet effet aggrave la dette en oxygène, associé à la dégradation des échanges gazeux liée à l'œdème pulmonaire lésionnel et à l'augmentation de la consommation d'oxygène au niveau tissulaire. La fonction myocardique est altérée, sans que cela ait systématiquement une expression clinique. Cette dépression myocardique apparaît dès la deuxième heure et disparaît avant la 72^e heure.

Le poumon peut être le siège d'un œdème, soit par une atteinte lésionnelle directe (inhalation) ou indirecte (SIRS), soit secondaire à un surremplissage vasculaire [13]. L'hypovolémie va participer à l'hypoperfusion rénale (aggravant la néphrotoxicité de la myoglobine), à l'hypoxie tissulaire (générale, d'où une acidose métabolique ; et locale au niveau des brûlures) et à l'instabilité hémodynamique.

La phase hypercatabolique survient ensuite, au-delà de la 48^e heure et jusqu'à la guérison complète. C'est une phase anti-inflammatoire avec une immunodépression (médiée entre autres par les macrophages et les lymphocytes) [12]. Les conséquences vont être hémodynamiques (hypovolémie relative par baisse des résistances périphériques et augmentation du débit cardiaque, persistance des œdèmes et du SIRS), respiratoires (œdème lésionnel secondaire à partir de la 72^e heure, lié au SIRS), digestives (ischémie splanchnique initiale, perméabilité épithéliale initiale ou œdèmes liés aux SIRS responsables d'une translocation bactérienne). Les réponses hormonales au stress majeur que constitue la brûlure sont responsables d'un catabolisme important et de productions

d'hormones immunosuppressives. Les systèmes hématopoïétiques et immunitaires sont par conséquent déprimés.

Les mécanismes oxydatifs, inflammatoires et cellulaires, activés initialement lors de la phase pro-inflammatoire, participent à la pérennisation de la phase hypercatabolique, maintenant un état de SIRS à bas bruit [13]. Il existe alors un risque de réaction sepsis-like ou de SDMVT tardif, secondaire à la réactivation très excessive de la réponse inflammatoire lors de phénomènes intercurrents (infection par exemple) [12]. En cas de SCB supérieure à 30 %, les curares dépolarisants (succinylcholine) sont contre-indiqués pendant toute cette phase hypercatabolique [17]. Il est à noter que les curares non dépolarisants, les amines et les agents anesthésiques sont moins efficaces du fait d'une augmentation majeure du volume de distribution, ce qui fait que leurs posologies doivent être majorées [18].

Profondeur et superficie des brûlures

Initialement, les évaluations de la profondeur et de la SCB sont très difficiles. Pourtant, elles sont majeures pour l'orga-

nisation de la prise en charge. L'agent vulnérant est tout aussi important, car il modifie l'aspect de la brûlure. En pratique, il est difficile de statuer définitivement avant la 72^e heure [17,18]. Classiquement, une brûlure va se propager de la surface vers la profondeur. À noter qu'au sein d'une même brûlure peuvent se côtoyer plusieurs stades [2].

Le premier degré (Fig. 1A), en cas de brûlure d'origine thermique (ou équivalent), ne provoque pas de lésion autre qu'un œdème et un érythème douloureux. La guérison se fait spontanément en cinq jours, ce stade ne doit pas être pris en compte pour l'évaluation de la SCB dans ce cas. À l'inverse, lorsqu'il s'agit d'une brûlure chimique ou d'un ébouillanté, bien que l'aspect initial mime un premier degré, ce n'est jamais une brûlure de premier degré. Dans ces cas, le calcul de la SCB doit tenir compte de toute lésion visible. Le deuxième degré (Fig. 1B) est le témoin de la destruction partielle de la membrane basale. Selon l'importance de cette destruction, une cicatrisation spontanée sera possible en 10 à 15 jours. Au-delà de 15 jours, une brûlure non cicatrisée nécessite une greffe de peau. En l'absence de greffe, la cicatrisation peut se faire, mais de façon anormale avec un bourgeonnement et une composante inflammatoire inesthétique et

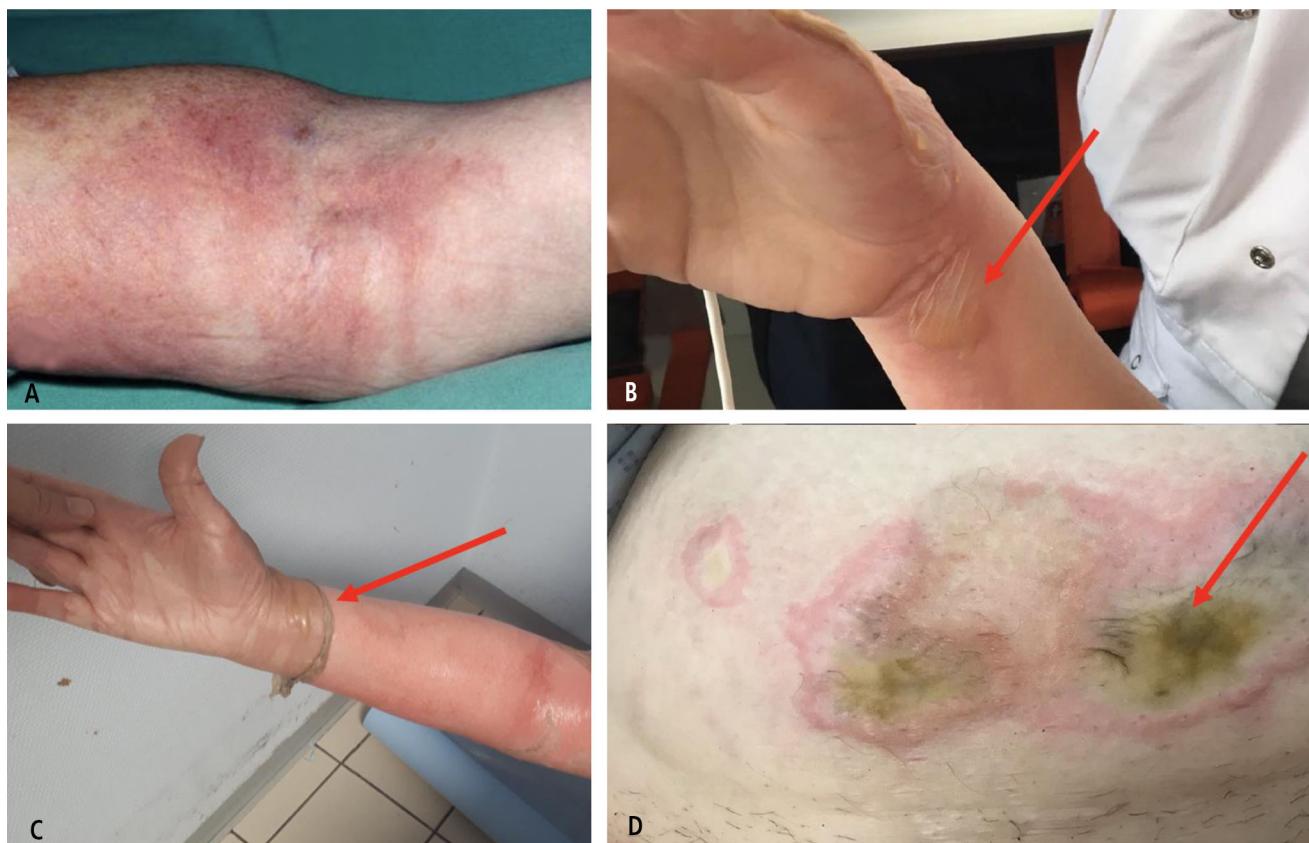


Fig. 1 A. Brûlure au premier degré : œdème et un érythème douloureux. B. Brûlure thermique au deuxième degré : desquamation avec une phlyctène intacte (flèche). C. Brûlure thermique au deuxième degré, vue à 24 heures : desquamation avec une phlyctène effondrée (flèche). D. Brûlures thermiques au troisième degré (flèche) (Crédits photos : centre de traitement des brûlés CHU de Nantes, Nantes : Fig. 1A, Urgences & Samu 44, CHU de Nantes, Nantes Fig. 1B–D)

inconfortable, sources de rétractions. La différence entre les deux stades — superficiel et profond — est parfois difficile. Les deux éléments marquants sont la desquamation (phlyctène intacte ou effondrée), qui caractérise le second degré, et la douleur. Les autres éléments classiques n'ont que peu d'intérêt pratique initialement (fond atone, saignement à la scarification, etc.). L'apparition des phlyctènes peut être retardée de quelques heures (ébouillanté, brûlures chimiques, etc.) (Fig. 1C). Le troisième degré (Fig. 1D) correspond à la destruction totale de la membrane basale et du derme, et les tissus sous-jacents peuvent aussi être détruits. Aucune guérison spontanée n'est possible. La brûlure est indolore, indurée ou texture cuir, d'aspect pâle à brun, voire noir.

Lors de la prise en charge initiale, plusieurs techniques de calcul existent pour évaluer la SCB. La plus simple est l'utilisation de la main du patient (paume et doigts, une face) : sa surface représente 1 % (0,9 % précisément) de la surface de son corps, sa paume 0,5 %. Elle est très utile en cas de surface brûlée faible et pour les brûlures en carte de géographie mal délimitées. La règle des 9 de Wallace (Fig. 2A) divise la surface corporelle par multiple de 9 %. Chez le petit enfant, elle a l'inconvénient de sous-estimer la SCB de la tête et de surestimer la SCB des membres inférieurs par rapport à l'adulte. Très pratique sur le terrain, son imprécision n'offre qu'une estimation approximative permettant un triage. La table et le diagramme de Lund-Browder (Fig. 2B) permettent une meilleure estimation de la surface brûlée. Plus précise dans la description et réellement adaptée à l'âge du patient, elle est peu compatible avec l'urgence du triage. Il s'agit cependant de la référence pour le calcul final de la SCB [3]. Toutes les études qui se sont intéressées à l'évaluation de la SCB montrent qu'il existe une surestimation de cette dernière par le non-spécialiste. La mauvaise estimation de SCB est très fréquente chez l'enfant de moins de 15 ans (risque multiplié par 2), surtout chez les moins de 5 ans,

conduisant à des transferts inutiles vers un CTB une fois sur cinq, ainsi qu'à une hydratation inappropriée trop fréquente et plus importante que nécessaire [19,20]. Mais les brûlologues eux-mêmes éprouvent des difficultés pour estimer cette SCB. L'expérience montre que les méthodes qu'ils utilisent en pratique sont plus fréquemment la règle des 9 et la règle de la paume, la méthode de Lund-Browder restant moins utilisée au quotidien [21]. Dans tous les cas, cette surévaluation (jusqu'à +160 %) est caractérisée par une grande variation interindividuelle, et elle est plus importante si la SCB est petite que si la SCB est grande. L'utilisation des tables de Lund & Browder, même en prenant son temps, reste malheureusement imprécise et avec une grande variabilité interindividuelle, tant pour les spécialistes que les non-spécialistes, rendant difficile la fiabilité de cette évaluation en pratique [22]. L'utilisation de la télé-médecine [23] pour évaluer la SCB s'avère elle aussi décevante lorsqu'elle repose sur des photographies seules [22,24]. Tous ces éléments plaident pour une aide technique informatique de mesures de SCB [25,26], comme développé dans de nombreux CTB. La conséquence immédiate en serait une meilleure évaluation de la SCB, donc une meilleure orientation et une adéquation du remplissage du patient en limitant le sous- ou surremplissage délétère [20,22]. La formule de Brook (2 ml/kg.% par SCB) fut une solution d'adaptation en réaction à cette impression clinique de surremplissage lors de l'utilisation de la formule Parkland, probablement en raison de l'erreur de surestimation de la SCB.

L'application E-burn gratuite et développée par le service des brûlés du centre hospitalier St-Joseph-St-Luc de Lyon [27] offre une solution pratique au quotidien, disponible sur Apple Store et Google Play. À notre sens, elle doit devenir la méthode de référence pour les urgentistes, tant en préhospitalier que dans le service des urgences. Développée selon le principe des logiciels utilisés en CTB, elle permet de calculer

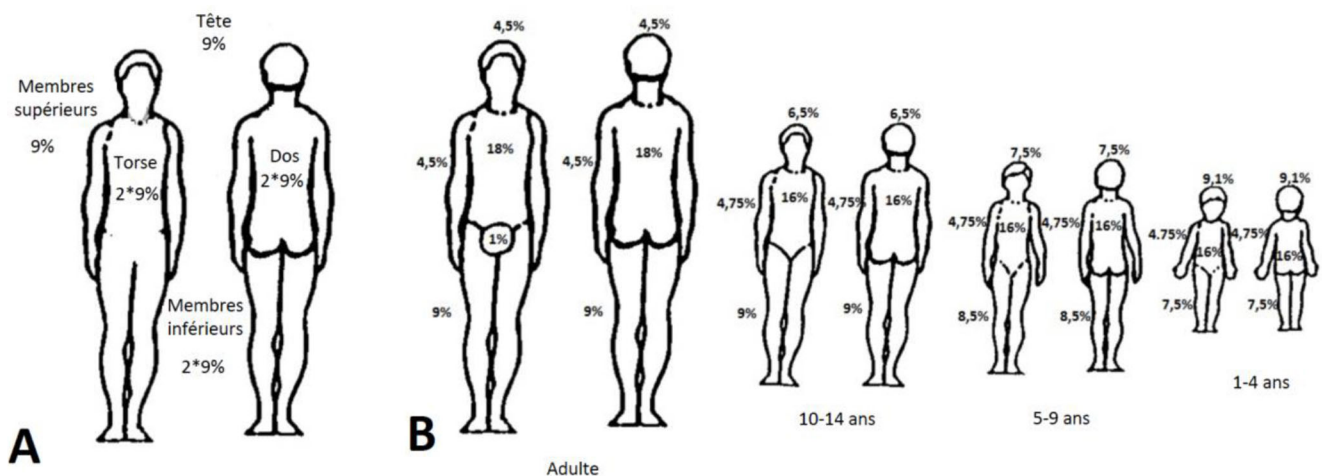


Fig. 2 A. Règle des 9 de Wallace. B. Schémas selon Lund & Browder, par âges (Crédits photos : Urgences & Samu 44, CHU de Nantes)

la SCB en définissant les zones atteintes selon l'estimation clinique (surface et profondeur) et propose automatiquement les volumes à perfuser en fonction de l'âge, du poids, de la taille et de la règle choisie. Ces données peuvent ensuite être transférées du site d'évaluation vers la régulation ou le centre receveur, éventuellement accompagnées de photographies [3], avec les limites d'un examen à distance signalées précédemment, dans le respect du règlement général sur la protection des données [26].

Localisations à risque particulier

Ces localisations de brûlures profondes nécessitent une prise en charge spécialisée, en raison d'un risque vital, fonctionnel ou esthétique [3,28,29]. Dans de nombreux cas, un geste de décompression chirurgical doit être réalisé, idéalement en CTB si le délai est compatible [3,30].

Brûlures du cou

Le tiers postérieur du cou est une région inextensible. Une atteinte des deux tiers antérieurs est suffisante pour entraîner un œdème majeur affectant principalement la perméabilité des voies aériennes et le retour veineux jugulaire.

Brûlures de la face

Les séquelles sont fonctionnelles en cas d'atteinte palpébrale ou ophtalmique. Elles peuvent nécessiter des décompressions chirurgicales [28]. Le préjudice esthétique est aussi important. Une consultation ophtalmologique est indispensable en cas de brûlure de la face [31]. En cas d'atteinte étendue et grave du visage, une intubation précoce paraît utile, pour anticiper l'apparition de rétractions qui peuvent

apparaître secondairement [13], aggravant l'œdème, et responsables d'une impossibilité d'ouverture buccale, évitant l'abord trachéal percutané secondaire. Il est aussi prouvé que l'existence d'une brûlure du visage et/ou une brûlure endobuccale est très fréquemment associée à une brûlure par inhalation [32,33]. Les recommandations suggèrent de limiter les intubations à une brûlure étendue à la totalité du visage, associée une brûlure profonde et circulaire du cou, des symptômes d'obstructions des voies aériennes ou une SCB supérieure à 40 % [3].

Brûlure circulaire du tronc ou de l'abdomen

L'atteinte thoracique en cas de brûlure grave altère la mécanique ventilatoire et l'hémodynamique [28]. L'atteinte de l'abdomen va participer à la création d'un syndrome du compartiment abdominal [28].

Brûlures du périnée et des organes génitaux externes

L'altération de la protection qu'offre la peau expose au risque septique par contamination fécale d'une brûlure périnéale. La destruction cutanée peut concerner la marge anale avec atteinte du sphincter. La perméabilité des voies urinaires peut être compromise en cas de brûlure importante. Si une sonde urinaire n'est pas posée rapidement, le cathétérisme de l'urètre peut devenir impossible. Le cathéter sus-pubien est alors nécessaire. En cas de brûlures des organes génitaux externes, l'atteinte est la fois esthétique et fonctionnelle.

Brûlures circulaires des membres

Le risque de syndrome de loge est prévenu par des escarrotomies, réalisées avant six heures (Fig. 3A,B). Passé ce délai, une amputation pourra être nécessaire.

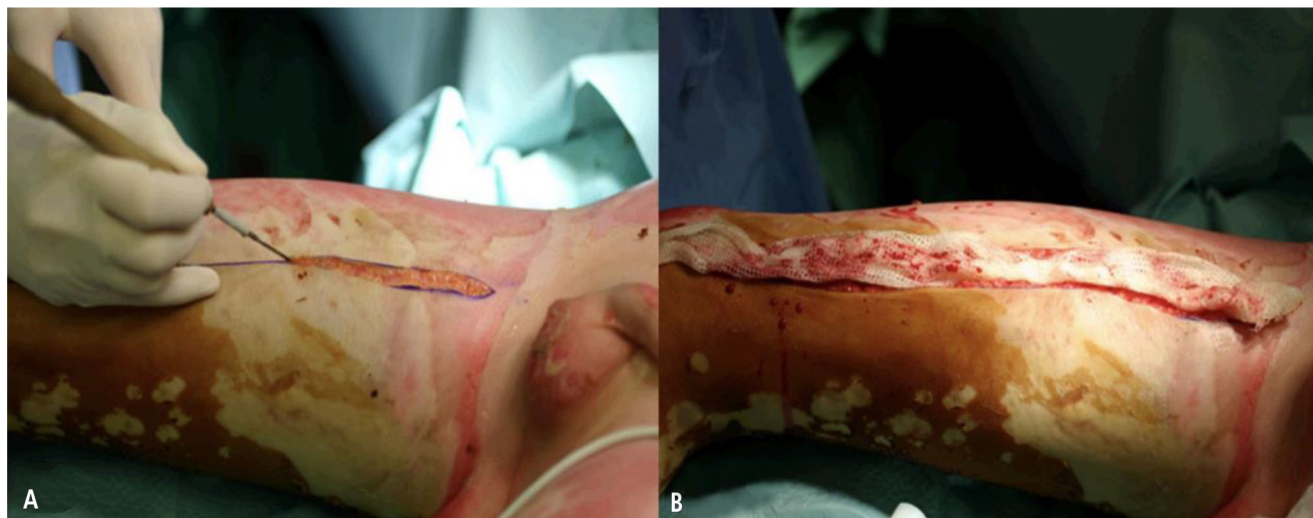


Fig. 3 Brûlures circulaires et incisions de décharges (Crédits photos : centre de traitement des brûlés CHU de Nantes, Nantes)

Brûlures des mains, des pieds, des articulations

Là aussi, il peut y avoir un équivalent distal d'un syndrome de loge, compromettant la viabilité des extrémités. De plus, la cicatrisation étant à fort risque de rétraction, leur prise en charge est un enjeu fonctionnel majeur.

Atteintes respiratoires

L'inhalation de substances volatiles peut créer des lésions des voies respiratoires, variables selon leurs natures, leurs températures et la durée d'exposition. Les voies aérodigestives supérieures (VADS) et le larynx sont principalement touchés par les gaz à haute température, responsables de brûlures thermiques et d'un œdème obstructif [13,14]. Les brûlures d'origine chimiques sont quant à elles étendues sur tout l'arbre bronchique. Certaines substances chimiques inhalées sont responsables d'effets uniquement systémiques [13]. Ainsi, les décédés extraits des incendies sont majoritairement morts (77 %) d'asphyxie cellulaire par un empoisonnement concomitant au monoxyde de carbone (CO) et aux cyanures d'hydrogène (CN), et non d'éventuelles brûlures ou traumatismes associés [34].

Sur le plan clinique, après une exposition aux feux et fumées en milieu clos, les patients qui présentent le plus de risques ont une brûlure de la face ou de la suie dans la bouche (risque multiplié par 4 de brûlure par inhalation), associées à des signes patents d'irritation (toux et douleur), de bronchospasme, d'hypersécrétion bronchique, voire de SDRA [32–34]. Les personnes exposées à un incendie à bord d'un navire seront exposées à des vapeurs avec des températures et des concentrations de toxiques plus élevées très rapidement, en raison du caractère très confiné (des coursives intérieures, des cabines et des salles) et de très nombreuses sources de contaminants [35]. Les signes sont rarement retardés, mais ils peuvent parfois l'être jusqu'à 24–48 heures [1]. Un œdème majeur, des phlyctènes ou des ulcérations ORL sont à haut risque d'obstruction et doivent conduire à un contrôle précoce des VADS par une intubation trachéale [13,32]. Les signes historiques, comme les poils de nez brûlés ou le mouchage de suies, n'ont aucune valeur prédictive et doivent être oubliés [33]. Les atteintes pulmonaires distales sont plus difficiles à mettre en évidence. Le cliché radiographique standard n'est pas recommandé pour les explorer du fait du retard des signes [13]. La gazométrie artérielle est souvent normale au début [1]. L'absence de brûlure de la face et de signe fonctionnel respiratoire persistant après soustraction des fumées est peu en faveur d'une atteinte respiratoire. Il faut faire retirer les vêtements imprégnés de fumées, ces derniers pouvant relarguer des substances irritantes, responsables de signes respiratoires pou-

vant être confondus par excès avec une brûlure de l'arbre trachéobronchique.

Atteinte circulatoire

Une instabilité hémodynamique d'emblée doit faire rechercher une lésion traumatique ou une intoxication associée à la brûlure. En cas d'incendie en milieu clos, l'intoxication conjointe CO et CN est quasi systématique. Si cette instabilité hémodynamique s'installe secondairement dans les heures qui suivent, elle peut être témoin du choc des brûlés, si la SCB est supérieure à 20 % ou en cas de terrain fragile.

Atteinte neurologique

Un brûlé simple ne présente pas de trouble neurologique, quelle que soit la SCB. L'existence d'un trouble neurologique doit faire rechercher une lésion traumatique ou une intoxication associée.

Lésions traumatiques

Elles doivent être recherchées méthodiquement, et leur traitement prime sur celui de la brûlure. Elles peuvent être évidentes ou suspectées devant des troubles de la vigilance ou une instabilité hémodynamique. Les lésions de blast sont à rechercher si le contexte est évocateur [8,36].

Particularités des brûlures thermiques

À partir de 44 °C, les fonctions cellulaires sont altérées [37]. À partir de 50 °C, la peau commence à être détruite. Cette atteinte va se poursuivre tant que la température est maintenue au-dessus de 44 °C. La rapidité de la destruction est aussi dépendante de l'importance de la température au contact (eau bouillante, huile de friteuse, porte d'insert, métal en fusion).

Refroidissement

Une fois l'agent vulnérant ôté, la température cutanée descend spontanément en dessous de 44 °C en moins de deux minutes. Néanmoins, l'importance de la brûlure est franchement diminuée par l'application d'un refroidissement sur la zone brûlée [37]. Les mécanismes qui expliquent cet effet sont incomplètement élucidés. Néanmoins, les certitudes sont les suivantes : le refroidissement de la brûlure a un effet antalgique indéniable. Il peut atténuer la profondeur et l'étendue de la brûlure. Ce dernier effet augmente avec la

précocité du refroidissement, mais reste toutefois efficace s'il est débuté dans les 30 minutes qui suivent la brûlure. Enfin, il existe une surmortalité en cas de brûlure étendue trop longtemps ou trop intensément refroidie (eau glacée ou glace vs eau tempérée) [37,38], particulièrement chez l'enfant et la personne âgée.

Il est donc recommandé de refroidir précocement toute brûlure de petite surface [37,39], sans refroidir le patient. Idéalement, l'eau tempérée est le traitement le plus adapté. En revanche, la douche complète est contre-indiquée en raison du risque d'hypothermie en cas de brûlure étendue. L'utilisation de pansement hydrocolloïde est une alternative si l'accès à l'eau est compliqué. En cas de brûlure non grave, la règle des 15 est applicable [2] : pendant 15 minutes, faire couler l'eau à 15 °C, 15 cm au-dessus de la brûlure pour qu'elle ruisselle sur cette dernière [39]. En cas de brûlure étendue, la durée de refroidissement est limitée aux cinq premières minutes, pour une durée de cinq minutes, et contre-indiquée au-delà. En cas de SCB supérieure à 30 %, le refroidissement est contre-indiqué.

Tout refroidissement doit ensuite être stoppé, le patient séché et réchauffé, la brûlure protégée par un pansement ou un champ propre et sec. L'exception concerne le visage, où un pansement hydrocolloïde peut être maintenu à visée antalgique sans limites de temps.

Goudron

Il ne faut pas arracher les vêtements adhérents à la peau, mais découper ceux-ci autour pour ôter les parties non adhérentes. Après refroidissement de la brûlure selon les techniques décrites ci-dessus, le goudron sera décollé progressivement par des soins à base de solvant lipophile ou de tout corps gras à base d'huile [36] (compresse sèche et huile alimentaire ou vaseline par exemple). Le goudron va être absorbé progressivement par ces cataplasmes, qu'il faut changer régulièrement quand ils commencent à se saturer de goudron au bout de quelques minutes d'application. Une fois nettoyée, la brûlure sera traitée comme toute brûlure thermique.

Remplissage de base

Il est indispensable à partir de 10 % SCB. En cas de petite brûlure évidente, il n'est pas nécessaire. Les cristalloïdes balancés, c'est-à-dire ayant une concentration de chlore très proche de la norme physiologique, sont le premier choix (ex. : Ringer lactate, sauf traumatisé crânien grave), afin d'éviter l'acidose hyperchlorémique liée aux volumes importants de sérum physiologique (qui s'il est utilisé seul est responsable d'un surrisque d'insuffisance rénale) [40–42]. Lors de brûlures supposées étendues, pour éviter le retard de remplissage et en raison de l'imprécision d'évaluation de la SCB, il est

conduit un remplissage de 20 ml/kg lors de la première heure postbrûlure [3]. Les apports seront ensuite adaptés à la SCB. La formule de Parkland est la référence : 2 ml/kg.% par SCB sur les huit premières heures (dont il ne faudra pas oublier d'ôter les 20 ml/kg de la première heure s'ils ont été délivrés), puis 2 ml/kg.% par SCB sur les 16 heures suivantes. L'objectif est de maintenir une diurèse horaire entre 0,5–1 ml par heure en cas de brûlure grave. En cas d'urines foncées, la diurèse doit être de 1–2 ml par heure jusqu'à normalisation de la coloration. Il faut éviter les bolus d'hydratation et préférer des variations de ± 20 %/h de débit [31]. Cet apport de base ne doit pas être confondu avec le remplissage vasculaire indispensable en cas d'instabilité hémodynamique (20 ml/kg par 20 minutes). Enfin, chez l'enfant, cette hydratation du brûlé sera complétée en y ajoutant les apports de bases pédiatriques selon la formule des 421. Dans tous les cas, les colloïdes ne doivent pas être choisis, et les solutions pour perfusion à base d'hydroxyéthylamidon sont contre-indiquées dans la brûlure [3]. Les amines ne sont pas contre-indiquées si elles s'avèrent nécessaires.

Les règles de Brooks et la formule des 10 sont parfois proposées. La première est une adaptation en réponse à la surestimation trop fréquente de la SCB. La seconde n'a été évaluée que selon une méthode *in silico*, sans plus de preuve de sa validité chez le vivant [43]. Elle consiste à administrer en cas de SCB supérieure ou égale à 20 %, 10 ml/% par SCB/heure (+100 ml/h par 10 kg au-dessus de 80 kg) avec une rapide adaptation selon la diurèse horaire [31]. L'utilisation de tables, d'abaques ou de logiciels permettant de ne pas réaliser de calcul diminue la tendance au surremplissage [24].

En cas de brûlure inférieure à 20 % de SCB (15 % chez l'enfant), l'hydratation peut être proposée per os, en particulier en situation de multivictimes ou de situation où les abords vasculaires sont problématiques [38].

Quelle que soit la formule choisie, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit d'un point de départ, pour obtenir au final dans la plupart des cas un objectif de diurèse selon le patient et le type de brûlure [13]. Il est fort intéressant de noter qu'en pratique chez le brûlé grave en CTB, le monitoring hémodynamique échographique prend de plus en plus une part importante dans l'évaluation du débit cardiaque et des volumes de remplissage nécessaires. Ainsi, la noradrénaline est instaurée de façon plus précoce [44].

Particularités des intoxications associées

Lors d'un incendie, de nombreux composés volatils sont issus de la combustion des matériaux. En milieu clos, leurs concentrations augmentent et le patient va les inhaler de façon prolongée. Les deux principaux sont le CO et les CN. Les effets systémiques et les seuils de toxicité cumulés

sont inférieurs aux valeurs usuelles en cas de mono-intoxication [34]. Pour mémoire, l'exiguïté des volumes intérieurs d'un navire va permettre une augmentation très rapide de ces concentrations [35].

Intoxication au cyanure

Ils provoquent une instabilité hémodynamique ou un arrêt cardiaque [13]. Si l'absence de sueur au niveau des VADS a une mauvaise valeur prédictive négative (VPN) d'intoxication, sa présence à une valeur prédictive positive (VPP) de 99 % [45]. Les recommandations suggèrent qu'il ne faut traiter qu'en cas de suspicion élevée d'intoxication majeure chez l'adulte (coma, arrêt cardiaque, choc, hyperlactatémie) et modérée à grave chez l'enfant (score de Glasgow \leq 13, confusion, convulsions, coma, mydriase, stridor, voix rauque, polypnée, dyspnée, particules de sueur dans les voies aériennes, dépression respiratoire, troubles hémodynamiques graves, collapsus) [3]. Ces suggestions représentent un réel recul par rapport aux directives antérieures qui étaient de traiter tout patient exposé de façon prolongée aux fumées en milieu clos, même s'il n'est pas ou peu symptomatique. Cette attitude reposait sur le retard des signes cliniques en cas d'intoxication submassive détectée sur l'hyperlactatémie, alors que l'efficacité de l'antidote est maximale au tout début de l'intoxication.

En France, l'hydroxycobalamine est prescrit à la dose de 5 g pour un adulte (70 mg/kg chez l'enfant), renouvelable une fois [31]. Une coloration transitoire rosée de la peau peut se voir au décours. La teinte rouge orangée des sécrétions (larmes, urines, transsudat, etc.) est constante pendant trois jours avant de s'atténuer après administration d'hydroxycobalamine [35]. Parmi les effets indésirables du traitement, retenir le risque allergique ainsi que l'insuffisance rénale aiguë par nécrose tubulaire aiguë [45].

L'autre antidote, l'éthylène-diamine-tétra-acétique dicobaltique, n'est pas choisi en raison de ses nombreux effets indésirables et n'a pas d'autorisation de mise sur le marché pour les intoxications aux fumées d'incendie. Il est néanmoins utilisé en cas d'intoxication collective confirmée aux cyanures.

Intoxication au monoxyde de carbone

Il est responsable de troubles neurologiques et cardiologiques [13]. Si elle est disponible, la CO-oxymétrie de pouls est proposée pour faire un tri par la mesure de la carboxyhémoglobine (HbCO) transcutanée. Elle est effectuée sur les doigts II, III et IV, en occultant strictement le capteur de toute source lumineuse pour éviter les faux-positifs. Les valeurs seuils sont identiques à l'HbCO veineuse. Malheureusement, la mauvaise VPP et la mauvaise VPN de cet outil ne permettent pas à notre avis de s'y fier [46–49]. L'HbCO

veineuse doit donc être mesurée le plus tôt possible. Sa valeur doit tenir compte de la durée d'inhalation d'oxygène (T1/2 320 minutes en air ambiant, T1/2 90 minutes au masque haute concentration). La valeur d'HbCO supérieure à 3 % chez le non-fumeur et à 6 % chez le fumeur est retenue en France pour prouver l'intoxication (les valeurs internationales retenues comme toxiques sont respectivement de 5 et 10 %). Le traitement repose sur l'oxygénothérapie au plus proche de la FiO₂, 100 % pendant 12 heures. Certains patients peuvent relever d'une oxygénothérapie hyperbare, en cas de perte de connaissance, de syndrome coronarien ou de grossesse. Cette indication sera retenue après concertation avec le médecin du caisson hyperbare.

Particularités des brûlures électriques

L'électrisation est l'effet du passage du courant au travers de l'organisme. Si l'électrisation se complique du décès, il s'agit d'une électrocution. L'électrisation peut s'accompagner ou non d'une brûlure. Les brûlures provoquées par un flash lorsqu'un arc électrique se crée entre deux dipôles, sont traitées comme les brûlures thermiques, l'arc électrique ne passant pas par le patient [36].

Dans le cas d'une brûlure non mineure par électrisation, une grande partie des lésions se fera le long du trajet du courant. La SCB ne sera pas représentative de l'importance réelle des lésions. L'importance d'une brûlure par électrisation dépend du courant (tension en volt — bas voltage < 1 000 V, haut voltage > 1 000 V — et intensité, en ampères), de la résistance cutanée (port de gant, de chaussures, localisation, peau sèche ou humide), de la durée de contact (plus elle est longue et plus la résistance cutanée diminue) [36].

Il est possible d'observer plusieurs brûlures cutanées qu'il faudra rechercher, correspondant à autant de points d'entrée ou de sortie, parfois multiples. Le signe fonctionnel principal est une douleur persistante, à partir de la brûlure et suivant le trajet emprunté par le courant. Ce dernier se propage le long des axes vasculonerveux préférentiellement en raison de leurs caractéristiques conductrices et est responsable de lésions vasculaires (thromboses) et neurologiques. Les zones de hautes résistances (peau sèche, os) sont le siège de carbonisation par déperdition de chaleur si la durée d'exposition est prolongée. L'examen clinique va mettre en évidence des masses musculaires gonflées, tendues et douloureuses. Le risque est l'évolution vers un syndrome de loge [13,36]. L'existence d'une douleur transitoire liée à la contracture lors du passage du courant, sans tension des masses musculaires et soulagée par des antalgiques simples est fréquente, même avec une petite brûlure cutanée. Elle ne doit pas être confondue avec un syndrome de loge.

Le risque cardiologique n'est réel qu'en cas de brûlure grave. L'électrocardiogramme (ECG) et la surveillance

cardiotensionnelle sont alors recommandés. En cas de brûlure mineure sans signe clinique persistant, l'ECG seul est suffisant, et la troponine en systématique est inutile. La surveillance cardiotensionnelle ne sera envisagée qu'en cas de modification patente de l'ECG [13].

Aucun examen n'est nécessaire chez un électrisé ne présentant aucune brûlure. Si le patient est électrisé au niveau céphalique, un coma peut persister en raison d'une complication post-traumatique intracérébrale qu'il faudra rechercher.

Dans le cas de brûlure grave, du fait du passage profond du courant, la règle de Parkland n'est pas applicable. Le volume à passer est de 4 ml/kg.% par SCB sur les huit premières heures, puis 4–8 ml/kg.% par SCB sur les 16 heures suivantes. L'objectif de diurèse est de 2 ml/kg par heure.

Particularités des brûlures chimiques

Elles représentent 2 à 5 % des brûlures [50], elles sont d'évolution insidieuse et lente [36]. Les lésions vont dépendre du mécanisme toxique (oxydation, réduction, corrosion, poison protoplasmique, cloques, dessiccation), de la quantité, de la concentration et de la durée de contact [36]. Le recours au CTB est systématique (Fig. 4A).

Décontamination

Elle doit être réalisée avant tout soin, par le patient lui-même s'il est valide ou par du personnel formé et équipé [31,36]. Elle commence en retirant les couches de vêtements superficiels (ôte 80 % de la contamination). Une adsorption (terre à



Fig. 4 A. Brûlures chimiques par soude au troisième degré. B. Brûlures par le froid avec suffusions hémorragiques (flèche) [Crédits photos : Urgences & Samu 44, CHU de Nantes]

foulon, farine, talc, etc.) est réalisée sur les zones découvertes en cas de nécessité d'une décontamination d'urgence, en attendant la décontamination fine. En cas de symptôme oculaire, un lavage abondant au sérum physiologique est réalisé et une consultation ophtalmologique est indispensable [39]. Devant une brûlure chimique domestique, il est proposé un lavage à l'eau pour diluer la concentration du produit, à l'aide d'une douche abondante et tiède pendant dix minutes [31], avec un savon doux, sans oublier les cheveux, avec deux lavages s'ils sont longs. En cas de multivictimes, le délai de la douche est de deux minutes de lavage et deux minutes de rinçage (à renouveler une fois en cas de cheveux longs).

Il existe des solutions de décontamination, mais en l'absence de données scientifiques solides par rapport à une décontamination standard bien conduite, les autorités sanitaires de nombreux pays ne proposent pas leur diffusion [36,39]. Néanmoins, ces solutions peuvent être présentes dans les entreprises sous l'impulsion de la médecine du travail [51].

Certains contaminants sont à connaître.

Acide sulfurique concentré

Cet acide représente un peu plus de 40 % des accidents, dont la moitié avec des concentrations à plus de 98 % [52]. Le contact avec l'eau provoque une réaction exothermique importante. La décontamination passe par la neutralisation de l'acide par du savon liquide, avant le passage à la douche. Si l'acide sulfurique est présent dans quasiment tous les procédés industriels, il est aussi retrouvé en emploi domestique ou professionnel (décapants pour métaux, batteries de véhicules, régulation du pH des piscines, nettoyage du bois, etc.).

Acide fluorhydrique

Il y a un risque d'hypocalcémie et d'hypomagnésémie puis d'hyperkaliémie en cas d'exposition importante [36,53]. La rapidité d'apparition de la brûlure dépend de la concentration. Pour les concentrations inférieures à 20 %, il peut exister un retard des signes de plus de 24 heures (douleurs intenses, nécroses, effets systémiques) [53]. Après décontamination, il faut appliquer localement du gel de gluconate de calcium à 10 %. Un apport intraveineux peut s'avérer nécessaire en cas de signe ECG ou de trouble ionique prouvé [53]. En plus du recours au CTB, un avis auprès du centre antipoison (CAP) pour guider la gestion du patient est nécessaire. Le risque est principalement industriel (métallurgie, chimie, électronique, nettoyage des façades des bâtiments).

Phosphore blanc

Utilisé pour ses propriétés incendiaires, il s'enflamme jusqu'à réduction complète ou jusqu'à suppression de l'O₂ dis-

ponible. Il faut le plutôt possible irriguer abondamment les lésions (compresses ou tissus mouillés). L'application locale de sulfate de cuivre (solution antifongique à 1 %) permet d'oxyder le phosphore blanc en particules noires, plus faciles à identifier donc à ôter. En cas de brûlure importante, il existe un risque d'hypocalcémie [31]. Hormis le risque terroriste, le risque principal en France est la manipulation inopportune de munitions datant des deux derniers conflits mondiaux.

Vésiquants (ypérite et lewisite)

L'absorption cutanée est rapide. L'atteinte ophtalmique est le premier élément clinique (photophobie, blépharospasme, kératite). Les phlyctènes apparaissent ensuite avec l'importance de la contamination. En cas d'exposition massive survient l'atteinte respiratoire, voire les convulsions. La décontamination et la prise en charge sont explicitées dans la fiche technique yperite (Piratox) [54–56]. Hormis le risque terroriste, le risque en France est la manipulation inopportune de munitions datant de la Première Guerre mondiale.

Particularités des brûlures radiques

Dans le cas d'une brûlure radique, la durée d'exposition et l'importance du rayonnement vont conditionner la profondeur de la brûlure. Les lésions seront plus précoces et profondes si l'irradiation est massive (cas de l'irradié) ou prolongée (cas du radio contaminé) [36].

Irradié

Un brûlé irradié n'émet pas de rayonnement. Une fois soustrait de la source de rayonnement, la prise en charge du brûlé irradié est identique à celle du brûlé thermique. La particularité essentielle est le retard entre l'irradiation et l'apparition des signes cutanés, puis l'évolution lente de la brûlure. En cas d'irradiation massive, une hospitalisation en secteur d'hématologie stérile peut être nécessaire compte tenu de l'immunosuppression postradique [57].

Radiocontaminé

La voie de la contamination peut être orale, respiratoire ou par souillure de plaie. Les soins urgents peuvent être réalisés avant décontamination selon le respect des consignes de la circulaire 700. Après décontamination, la prise en charge des brûlures est identique à celle des brûlures thermiques. L'hospitalisation doit se faire dans un service de médecine nucléaire (pour la gestion des excréta contaminés) [58].

Particularités des brûlures liées au froid

La valeur absolue de la température ambiante n'est pas suffisante. Il faut aussi tenir compte de ce qui va augmenter le transfert de chaleur : l'évaporation, la conduction et la convection vont abaisser la température ressentie. Ainsi, ce type de lésion n'est pas l'apanage du climat continental ou montagnard ou d'accident avec des substances aux caractéristiques réfrigérantes [59] (azote, gaz propulseur d'aérosol, etc.), c'est-à-dire avec formation de cristaux de glace. Ces brûlures peuvent aussi se voir chez les sans-abri, les personnes âgées ou en cas d'intoxication médicamenteuse altérant la thermorégulation, avec baisse progressive de la température tissulaire [36,60,61]. Les extrémités et les zones découvertes sont les principales touchées (Fig. 4B). Ces lésions s'accompagnent volontiers d'une hypothermie du patient [60].

Différents stades sont décrits [36] :

- **Stade I.** La peau est pâle, avec sensation de brûlure et d'engourdissement. Lors du réchauffement, une sensation de gêne est associée à un érythème cutané.
- **Stade II.** La peau est livide et insensible. Lors du réchauffement, il y a apparition de phlyctènes douloureuses.
- **Stade III.** La peau est livide, insensible, plus ou moins dure et congelée. Lors du réchauffement, les phlyctènes sont hémorragiques, avec des zones douloureuses de reperfusion variables ou des zones de nécroses. Il s'agit d'une indication de prise en charge en CTB.

Le réchauffement se fait par des bains antiseptiques à 37–40 °C (30–60 minutes) des zones brûlées [36,61] si et seulement si la température centrale du patient est supérieure ou égale à 34 °C [60,61]. Ce réchauffement ne doit être entrepris que s'il peut être conduit à terme sans interruption. En effet, l'alternance réchauffement/refroidissement est prouvée comme aggravant les lésions [60,61]. L'ibuprofène est prescrit en premier antalgique (effet antiprostaglandine améliorant le pronostic), sauf contre-indication [61]. En cas d'ischémie persistante, une angiographie ou une thrombolyse peuvent être discutées pour évaluer les possibilités de revascularisation. Un traitement anticoagulant doit être débuté ; en cas d'échec, le recours à une chirurgie délabrante est proposé [36,60].

Particularité médico-légale

Une notion médico-légale doit rester présente à l'esprit du praticien : il faut penser aux abus, en particulier chez les enfants ou les adultes vulnérables. Les indices permettant de suspecter des sévices sont une brûlure uniforme en termes de profondeur, une absence de marque d'éclaboussure, des bords particulièrement bien délimités faisant suspecter le contact d'un objet, des brûlures en gants ou en chaussettes,

la localisation sur la face dorsale de la main ou des brûlures profondes très localisées (cigarette, etc.) [1].

Critères d'admission d'un brûlé dans un centre de traitement de brûlés

Ceux-ci sont rapportés dans le tableau 2, selon les recommandations de la Société francophone de brûlologie (SFB). En cas d'indication d'admission, un contact avec le CTB

Tableau 2 Recommandation d'hospitalisation en centre de traitement des brûlés, selon la surface corporelle brûlée

Adulte		
SCB > 20 %		
SCB > 10 % avec brûlures profondes (2^e profond ou 3^e)		
SCB < 10 %	Zone à risque fonctionnel	Main
		Pied
et critère de gravité		Face
		Périnée
		Pli de flexion
Signe de gravité		Inhalation de fumée (suspectée ou avérée)
		Lésion circulaire
Pathologie associée (liste non exhaustive)		Traumatisé grave
		Insuffisance respiratoire chronique
		Cardiopathie ou coronaropathie (sévère ou instable)
		Diabète
Difficulté à mettre en œuvre un traitement ambulatoire		Hyperalgésie (nécessité de palier III)
		Milieu socioéconomique défavorable (SDF, manque d'hygiène)
		Impossibilité à se rendre en consultation (domicile lointain...)
Mécanisme lésionnel		Brûlure électrique non bénigne
		Brûlure chimique (acide fluorhydrique ou phosphorique, etc.)
Âge		> 70 ans

Enfant

< 5 ans et SCB > 5 % et/ou brûlure profonde

> 5 ans et SCB > 10 %

> 5 ans et si SCB < 10 % et critère de gravité (*idem adulte*)

SCB : surface corporelle brûlée

doit être initié. L'existence de lésions surajoutées fait passer le traitement des brûlures au second plan dans la hiérarchisation de prise en charge d'un traumatisé grave au sein d'un trauma center. Le transfert en CTB ne se conçoit alors qu'après stabilisation des autres lésions [3].

Toute brûlure doit être guérie entre 10 à 15 jours. Au-delà de 15 jours, une brûlure non cicatrisée nécessite une greffe de peau [2,28]. En cas de non-admission en CTB, le patient doit être suivi en ambulatoire selon les recommandations de la SFB et les habitudes de fonctionnement propre au CTB référent. Une attention toute particulière doit être portée au dépistage d'une surinfection de la brûlure. Dans ce cas, l'avis du CTB référent doit immédiatement être sollicité. Dans le cas particulier du jeune enfant, l'organisation de soins ambulatoires peut être compliquée, tant pour le patient, les parents ou les soignants, et une hospitalisation doit être facilement proposée pour offrir un environnement adapté à cette situation.

Régulation médicale

La protection des primo-intervenants est prioritaire. La soustraction à l'agent causal doit se faire rapidement en évitant le suraccident. Les mesures de secourisme doivent être appliquées (fonctions vitales) [31], sauf en cas de contre-indication (risque chimique). Le refroidissement d'une brûlure thermique, s'il est indiqué, doit être guidé au téléphone. Il faut vérifier la mise en œuvre d'un réchauffement du patient après cette mesure.

En cas de brûlure chimique, le patient doit se déshabiller seul puis se décontaminer par une douche tiède pendant dix minutes avec un savon doux, éventuellement précédée d'une mesure particulière. Il faut rappeler aux secouristes que les gants médicaux habituels ne protègent pas des contaminants chimiques. Un avis auprès d'un référent risques nucléaire, radiologique, biologique, chimique et explosif (NRBCe) ou du CAP peut être utile.

L'engagement d'un service mobile d'urgence et de réanimation (Smur) doit être envisagé devant toute situation mettant en jeu le pronostic vital, en cas de brûlure estimée grave d'emblée, en cas de nécessité d'une antalgie pour une brûlure ou en cas de brûlure associée à une autre lésion traumatique. Elle doit aussi être envisagée en cas de risque évolutif potentiel pouvant impacter la filière de soins (feu dans un immeuble d'habitation, risque de nombreuses victimes [NOVI]). Le régulateur doit s'assurer de l'engagement de moyens spécifiques selon le risque identifié ou suspecté : risque électrique (société de gestion du transport de l'électricité), incendie ou explosion (société de gestion du transport du gaz, ou de pétrole), risque NRBCe, risque attentat, risque NOVI et forces de l'ordre.

Bilan et prise en charge secouriste

Il débute par l'évaluation du nombre de victimes et des circonstances. Les mesures conservatoires sont d'abord réalisées (défaillances vitales, traumatismes) [31]. Les mesures spécifiques sont ensuite appliquées : refroidissement s'il est indiqué, puis emballage sec et propre. La prise en compte d'un risque spécifique selon agent vulnérant doit être la plus précoce possible. L'oxygénothérapie est systématique au masque haute concentration en cas de brûlure sévère ou d'incendie en milieu clos avéré [31]. Le réchauffement est réalisé par une couverture de survie en extérieur et le chauffage de la cellule de transport (25–33 °C).

Bilan et prise en charge par le Smur

L'évaluation des circonstances, du nombre de victimes et une appréciation de leur SCB sont effectuées. Le conditionnement du brûlé passe par mise en œuvre de mesures non spécifiques (défaillances vitales, traumatismes) [31] puis spécifiques à la gestion du brûlé : le refroidissement, s'il est indiqué, puis un emballage sec et propre [3]. En cas de risque spécifique lié à l'agent vulnérant, une décontamination est réalisée. En parallèle, il est indispensable de lutter contre l'hypothermie. En cas de brûlure chimique, il est primordial de s'assurer de la décontamination effective des patients et des éventuels primo-intervenants contaminés au début de leur mission.

Une voie veineuse périphérique (vvp) est suffisante en cas de nécessité d'antalgie, d'une SCB_{enfant} supérieure à 7–8 % (indispensable si > 10 %), d'une SCB_{adulte} supérieure à 10 %, ou de nécessité d'antidote. Deux vvp sont nécessaires en cas de SCB supérieure à 20 % ou d'instabilité hémodynamique. En cas d'impossibilité, l'abord vasculaire se fera par un cathéter intraosseux. Il est préférable de choisir un abord vasculaire en peau saine, même s'il est possible de ponctionner en zone brûlée. Dans ce dernier cas, les adhésifs habituels ne colleront pas, et la sécurisation de l'abord vasculaire sera difficile [31]. Les conditions du remplissage vasculaire sont rapportées plus haut. Les objectifs hémodynamiques sont usuels : fréquence cardiaque inférieure à 120, pression artérielle moyenne supérieure ou égale à 65 mmHg. En cas d'instabilité hémodynamique ou de trouble de la vigilance, il faut rechercher une intoxication ou une lésion traumatique associée.

L'antalgie repose, au premier plan, sur le paracétamol et la morphine. Néanmoins, une analgésie multimodale par paracétamol, morphine, midazolam et kétamine peut être proposée [3]. L'oxygénothérapie est systématique en cas de brûlure grave ou d'intoxication au CO suspectée ou avérée, mais n'est pas indispensable dans les autres cas. L'hydroxycobalamine doit être administrée en cas d'incendie en milieu clos si le patient est symptomatique.

Les indications d'intubation habituelles sont complétées par des indications spécifiques : les brûlures étendues du visage, des VADS, des deux tiers antérieurs du cou, une SCB supérieure à 50 % ou pour une analgésie. Dans le cas d'une brûlure du visage, il n'est pas nécessaire d'avoir la totalité du visage brûlé. Les brûlures graves de la moitié des joues, par exemple, entraînent rapidement une rétraction et un œdème responsables d'une impossibilité d'ouverture buccale. Les produits utilisés sont sans spécificité, tant pour l'intubation en séquence rapide, que pour l'entretien. Si les récentes recommandations se proposent d'être plus attentiste [3], l'expérience pratique et la bibliographie sur le sujet montrent que si une intubation est indiquée devant l'apparition de signe de détresse respiratoire, d'une brûlure de la face ou des VADS [32], il est préférable de la faire sans délai, avant la survenue rapide de complications risquant de rendre le geste irréalisable [13]. Il est aussi notable que cette indication d'intubation en préhospitalier est justifiée le plus souvent [33].

Orientation du brûlé

Le régulateur doit rechercher une admission dans le service le plus adapté. Le tableau 3 regroupe une proposition d'orientation en fonction de la gravité de la brûlure. Parfois, un délai étant nécessaire pour organiser une admission adaptée, le patient sera orienté par défaut vers un plateau technique ayant la capacité de gérer ce délai, et en cas d'afflux de brûlés graves, il pourra être nécessaire de mettre en œuvre des procédures de triage avec le service d'aide médicale urgente (Samu).

Triage des brûlés et afflux massif

En cas d'afflux massif de brûlés, l'ensemble des CTB répartis en France a la capacité d'accueillir immédiatement jusqu'à 20 brûlés graves. Entre 20 et 100 brûlés graves, il faut

Brûlure	Orientation
Brûlure minime	Consultation de médecine générale si disponible, sinon service des urgences
Brûlure simple sans critère de gravité	Service d'urgences de proximité
Brûlure grave	CTB
Brûlure grave + traumatisme	Trauma center
Brûlure irradiée	Hématologie stérile
Brûlure radiocontaminée	Service de médecine nucléaire
CTB : centre de traitement des brûlés	

prendre en compte la SCB, l'existence d'une inhalation, d'un traumatisme grave et l'atteinte du site critique (articulation, périnée, cou, etc.) (Tableau 4) [62]. La nature de l'agent vulnérant interviendra aussi dans les critères de triage : blastés majeurs, signes précoces d'irradiation massive, etc. [8].

Prise en charge aux urgences

Hors admission directe en CTB, la prise en charge des brûlés va se faire en salle d'accueil des urgences vitales, au décochage ou aux urgences selon l'importance de la brûlure ou l'existence de lésion associée.

Mesures générales

Elles commencent par l'évaluation des fonctions vitales, de la douleur et la recherche de traumatisme associé [31]. L'évaluation de la brûlure et de son retentissement doit tenir compte de la SCB, de l'agent vulnérant et des thérapeutiques déjà entreprises : refroidissement, décontamination. Les localisations particulières, les facteurs de risque et les facteurs de fragilité du patient doivent aussi être pris en compte.

Brûlure supérieure à 10 % SCB ou brûlure à risque particulier

Le remplissage doit être poursuivi en appliquant la règle de Parkland avec surveillance de la diurèse horaire (surtout si SCB > 20 %). Les objectifs hémodynamiques sont les mêmes que ceux définis précédemment. L'intubation est indispensable en cas d'atteinte ORL patente. Ce geste tardif étant à haut risque de complication, il faut anticiper un renfort

Tableau 4 Recommandations de prise en charge en cas d'afflux de brûlés

Triage 20–100 brûlés graves	Orientation
SCB > 60 % ± inhalation ± TG	LATA en PMA (mortalité élevée)
SCB 20–60 % ± inhalation ± TG	CTB
SCB < 20 % sans site critique	SU (majorité des patients)
SCB < 20 % avec site critique	Chirurgie
SCB < 20 % ± inhalation ± TG	Réanimation
SCB : surface corporelle brûlée ; TG : traumatisé grave ; LATA : limitations et arrêt des thérapeutiques actives ; PMA : poste médical avancé ; CTB : centre de traitement des brûlés ; SU : service des urgences	

expérimenté. En parallèle, le réchauffement du patient et la lutte contre l'hypothermie ne doivent pas être retardés.

Les examens complémentaires à réaliser sont la numération formule sanguine, le TP-TCA, l'ionogramme, l'urémie et la créatinémie. Si la SCB est supérieure à 20 %, compléter par une détermination groupe sanguin, la recherche d'agglutinines irrégulières et une lactatémie. Le CO, la calcémie et la magnésémie seront demandés selon le contexte. Un ECG est demandé en cas d'électrisation ou d'intoxication au CO (Tableau 5).

Si le patient doit être transféré rapidement au CTB, un pansement simple est réalisé afin de couvrir les brûlures, prévenir la surinfection et l'hypothermie [3]. Si le patient n'est pas transféré, les soins locaux incluent un nettoyage, une désinfection et une détersion mécanique (corps étranger, mise à plat des phlyctènes, etc.), puis un pansement avec antiseptique à base de sulfadiazine d'argent est réalisé. En cas de brûlure chimique par de l'acide fluorhydrique, une application épaisse de gel de gluconate de calcium 10 % est effectué au préalable du pansement terminal.

Un recours chirurgical urgent de proximité doit être demandé en cas de nécessité d'une escarrotomie précoce (< 6 heures), qui doit être réalisée par des chirurgiens expérimentés dans ce geste. Il faut conseiller au patient de surélever les membres brûlés.

Aucune antibioprophylaxie ne doit être débutée [31]. Le statut vaccinal antitétanique doit être vérifié [31]. Une anticoagulation préventive est recommandée chez le brûlé grave [3].

Les brûlures électriques de la commissure labiale relèvent le plus souvent d'un traitement conservateur. Il existe un risque de saignement lors de la chute d'escarre. L'information qui doit être délivrée avant la sortie éventuelle de l'enfant sur avis du CTB est de dire aux parents de comprimer le

saignement avec une compresse et de réadresser l'enfant à l'hôpital de proximité [1].

En cas de brûlure inférieure à 10 % SCB sans risque particulier

Aucun examen complémentaire n'est nécessaire si la brûlure est inférieure à 10 %. Une antalgie doit être administrée. Les soins locaux consistent au nettoyage suivi d'une désinfection et d'une détersion mécanique (mise à plat des phlyctènes, etc.), puis un pansement gras à la sulfadiazine d'argent est réalisé [28,39]. Une crème hydratante simple est appliquée si les lésions thermiques s'avèrent être exclusivement du premier degré. Il faut conseiller au patient de surélever le ou les membre(s) brûlé(s). Le statut vaccinal antitétanique doit être vérifié, aucune antibioprophylaxie ne doit être prescrite [31].

En l'absence de contre-indication ou de difficulté d'organisation, le traitement se fait de façon ambulatoire [39], avec suivi médical au CTB. En cas de brûlure bénigne d'emblée, le suivi peut être fait par le médecin traitant, il faut préciser dans le compte rendu de sortie que la guérison doit avoir lieu avant le 15^e jour [39]. Dans le cas contraire, un recours au CTB est indispensable [28]. Les soins ambulatoires de cicatrisation dirigée pour une brûlure ne se conçoivent que si et seulement si aucune contre-indication liée à la nature de la brûlure ou au terrain n'est identifiée.

La première semaine, les soins infirmiers sont quotidiens, avec une désinfection en trois temps, une détersion mécanique, puis un pansement à base de sulfadiazine d'argent recouvert de compresses sèches maintenues avec une bande simple [39]. Une évaluation médicale à une semaine est systématique, par le médecin traitant, en consultation posturgence ou au CTB. Ce choix se fait selon le protocole de service défini en fonction de l'importance de la brûlure lors du premier pansement. En cas de suspicion d'infection locale, un contact médical auprès du médecin traitant ou du CTB doit immédiatement être réalisé [39]. En cas de suspicion de brûlure avec un mauvais pronostic cicatriciel à une semaine, le renvoi vers la consultation CTB doit être systématique [28,39].

Pendant les deuxième et troisième semaines, les soins infirmiers s'espacent toutes les 48 à 72 heures [39]. La désinfection en trois temps précède une détersion mécanique si elle est nécessaire. Après rinçage, les soins se terminent par la réalisation d'un pansement. L'évaluation médicale se fait de façon hebdomadaire. En l'absence de guérison à j15, la sanction est chirurgicale [39]. Celle-ci peut être anticipée si l'évolution n'est pas favorable dès l'évaluation médicale à j10 [39]. Il ne faut pas oublier de conseiller au patient de protéger sa cicatrice contre le soleil pendant un an pour éviter qu'elle se teinte.

Tableau 5 Liste raisonnée des examens complémentaires si SCB > 10 % ou risque particulier	
Circonstance	Examen complémentaire
Systématique	
si SCB > 10 % ou risque particulier	NFS, TP, ionogramme, urémie, créatinémie
Si SCB > 20 %	Groupe sanguin, RAI, lactatémie
Si intoxication précisée	Monoxyde de carbone, calcémie, magnésium
Si électrisation ou CO	ECG
SCB : surface corporelle brûlée. NFS : numération formule sanguine ; TP : taux de prothrombine ; RAI : recherche d'agglutinines irrégulières ; ECG : électrocardiogramme	

Organisation des transferts interhospitaliers

Il est parfois nécessaire de passer par une étape hospitalière intermédiaire avant de pouvoir adresser un patient dans le CTB. Cette situation peut être liée à l'impératif de stabilisation d'autres lésions engageant le pronostic vital et leur réanimation. Elle peut aussi être liée à un délai pour libérer une place en CTB. Elle peut aussi être liée à un afflux saturant du CTB de proximité. Elle peut enfin être liée à l'éloignement du CTB. Ce dernier cas, s'il est vrai sur le territoire métropolitain, devient prépondérant dans les territoires ultramarins et les pays où nos ressortissants sont amenés à travailler expatriés.

Le transfert ne pourra se faire qu'en coordonnant le service d'origine, la régulation du Samu et le service receveur du CTB. Selon les cas, ce transfert pourra se faire dans les 48 premières heures ou au-delà de 48 heures. Si le vecteur aérien est le choix idéal en fonction de la distance, il impose néanmoins des contraintes spécifiques liées à l'altitude de vol, à l'autonomie imposée à l'équipe pendant ce vol et aux éventuelles norias terrestres pour accéder et/ou évacuer l'aéronef [63]. Sur le plan logistique, il faut anticiper les besoins en liquides. Le calcul doit tenir compte du pire scénario de transport, temps de vol et transferts terrestres inclus. Ce volume est multiplié par 3, et une sécurité de 50 % est ajoutée.

Avant la 48^e heure, il faut calculer les besoins du patient en tenant compte de la SCB comme précédemment, et les solutés cristalloïdes balancés sont utilisés. La surveillance se fera sur la diurèse horaire, par variation de $\pm 20\%$ de débit de remplissage selon les objectifs définis. Après la 48^e heure, les besoins journaliers se sont normalement stabilisés, et le service d'origine est capable de fournir l'information du volume horaire de remplissage du patient.

Les fluides ne peuvent être délivrés normalement, en raison de la diminution de hauteur par rapport au patient (vol à basse altitude) et surtout en raison de la baisse de pression atmosphérique si le vol est à moyenne ou haute altitude. Le débit doit donc être contrôlé de façon précise : pompe, prise d'air, débit-litre, etc. Le volume nécessaire d'oxygène médical doit lui aussi être calculé sur la base d'une consommation en FiO_2 1, plus une marge de sécurité de 50 %. Durant un vol à moyenne ou haute altitude, il est recommandé de ventiler le brûlé grave en FiO_2 1 afin de corriger la baisse de PiO_2 liée à l'altitude. Le choix du respirateur se fera idéalement vers un respirateur ne fonctionnant pas sur un mode pneumatique, en raison des variations de pression atmosphérique. De même, la pression du ballonnet d'intubation doit être vérifiée régulièrement après le décollage, pendant le vol et après l'atterrissage. L'air de la cabine étant sec, pour protéger l'endothélium trachéobronchique de la dessiccation, il faudra instiller du sérum physiologique de temps en temps dans la

sonde d'intubation ou faire des aérosols de sérum physiologique si le patient est en ventilation spontanée.

L'exigüité de la cellule de l'aéronef interdisant la plupart des gestes complexes, le patient doit être conditionné scrupuleusement avant le départ : intubation si évolutivité incertaine, geste chirurgical de libération d'une compression ou de stabilisation d'une fracture, etc. Les fixations des voies, des drains, des sondes doivent être scrupuleusement vérifiées et protégées. Les produits seront prévus en quantités suffisantes [63].

Sur un plan infectieux, la brûlure est la plus fréquente des blessures pouvant être contaminée par des germes multirésistants avant rapatriement, l'infection étant la première cause de décès chez le patient brûlé. Dans tous les cas et a fortiori en cas d'infection du patient, il faudra être vigilant sur les mesures barrières et d'isolement pendant le transport et à l'arrivée dans le service receveur, ainsi qu'à la décontamination adaptée après le transport du matériel et de la cabine, afin d'éviter la diffusion de bactéries multirésistantes à d'autres patients et/ou hôpitaux [64].

Conclusion

La brûlure est un traumatisme du revêtement cutané qui, selon les caractéristiques de l'agent vulnérant et la durée de contact, va avoir des conséquences variables. L'urgentiste doit connaître les risques inhérents à la nature de chaque brûlure. En effet, il est le premier intervenant, et de ses connaissances dépendront les premières décisions de protection, les premières mesures thérapeutiques et l'orientation optimale du patient.

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Références

1. Organisation mondiale de la santé (2018) <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/burns> (Dernier accès le 25 août 2021)
2. Evers LH, Bhavsar D, Mailänder P (2010) The biology of burn injury. *Exp Dermatol* 19:777–83
3. Société française d'anesthésie et de réanimation (2019). <https://sfar.org/download/rpp-prise-en-charge-du-brule-grave/?wpdmdl=24465&refresh=5ddaf756f118c1574631254> (Dernier accès le 25 août 2021)
4. Bulletin épidémiologique hebdomadaire (2019) <http://www.sante-publiquefrance.fr> (Dernier accès le 25 août 2021)
5. Ryan CM, Schoenfeld DA, Thorpe WP, et al (1998) Objective estimates of the probability of death from burn injuries. *N Engl J Med* 338:362–6
6. Ali SA, Hamiz-Ul-Fawwad S, Al-Ibran E, et al (2016) Clinical and demographic features of burn injuries in Karachi: a six-year experience at the burns center, civil hospital. *Karachi Ann Burns Fire Disasters* 29:4–9

7. Leclerc T, Donat N, Cirodde A, et al (2015) Brûlures en situation opérationnelle : description et épidémiologie. *Médecine et armées* 43:133–8
8. Cancio LC, Sheridan RL, Dent R, et al (2017) Guidelines for burn care under austere conditions: special etiologies. *J Burn Care Res* 38:e482–e96
9. Pullinger BD, Florey HW (1935) Some observations on the structure and functions of lymphatics: their behaviour in localoedema. *Br J Exp Pathol* 16:49–61
10. Carvajal HF, Linares HA, Brouhard BH (1979) Relationship of burn size to vascular permeability changes in rats. *Surg Gynecol Obstet* 149:193–202
11. Szabó G, Pósch E, Magyar Z (1980) Interstitial fluid, lymph and oedema formation. *Acta Physiol* 56:367–78
12. Nielson CB, Duethman NC, Howard JM, et al (2017) Burns: pathophysiology of systemic complications and current management. *J Burn Care Res* 38:e469–e81
13. Bittner EA, Shank E, Woodson L, Martyn JAJ (2015) Acute and perioperative care of the burn-injured patient. *Anesthesiology* 122:448–64
14. Fodor L, Fodor A, Ramon Y, Shoshani O, et al (2006) Controversies in fluid resuscitation for burn management: literature review and our experience. *Injury* 37:374–9
15. Kramer G, Tjøesolv L, Herndon D (2002). Pathophysiology of burn shock and burn edema. In: *Total Burn Care*, 2nd edition. Saunders, London, pp 78–87
16. Youn YK, LaLonde C, Demling R (1992) The role of mediators in the response to thermal injury. *World J Surg* 16:30–6
17. Martyn JAJ, Richtsfeld M (2006) Succinylcholine-induced hyperkalemia in acquired pathologic states: etiologic factors and molecular mechanisms. *Anesthesiology* 104:158–69
18. Donat N (2015) Particularités anesthésiques du patient brûlé. *Médecine et armées* 43:149–56
19. Baartmans MGA, van Baar ME, Boxma H, et al (2012) Accuracy of burn size assessment prior to arrival in Dutch burn centers and its consequences in children: a nationwide evaluation. *Injury* 43:1451–6
20. Goverman J, Bittner EA, Friedstat JS, et al (2015) Discrepancy in initial pediatric burn estimates and its impact on fluid resuscitation. *J Burn Care Res* 36:574–9
21. Giretzlehner M, Dirnberger J, Owen R, et al (2013) The determination of total burn surface area: how much difference? *Burns J* 39:1107–13
22. Martin NAI, Lundy JB, Rickard RF (2014) Lack of precision of burn surface area calculation by UK Armed Forces medical personnel. *Burns J* 40:246–50
23. Saffle JR, Edelman L, Theurer L, Morris SE, Cochran A (2009) Telemedicine evaluation of acute burns is accurate and cost-effective. *J Trauma* 67:358–65
24. Lindford AJ, Lim P, Klass B, et al (2009). Resuscitation tables: a useful tool in calculating preburns unit fluid requirements. *Emerg Med J* 26:245–9
25. Richard R, Jones JA, Parshley P (2015) Hierarchical decomposition of burn body diagram based on cutaneous functional units and its utility. *J Burn Care Res* 36:33–43
26. Armstrong JR, Willand L, Gonzalez B, et al (2017) Quantitative analysis of estimated burn size accuracy for transfer patients. *J Burn Care Res* 38:e30–e5
27. Fontaine M, Ravat F, Latarjet J (2018) The e-burn application — A simple mobile tool to assess TBSA of burn wounds. *Burns* 44:237–8
28. Sheridan RL, Chang P (2014) Acute burn procedures. *Surg Clin North Am* 94:755–64
29. Enoch S, Roshan A, Shah M (2009) Emergency and early management of burns and scalds. *BMJ* 338:1037
30. Duhamel P (2015) La chirurgie aiguë des brûlés : état actuel, voies de recherche et perspectives. *Med Armées* 44:165–74
31. Driscoll IR, Mann-Salinas EA, Boyer NL, et al (2018) Burn casualty care in the deployed setting. *Mil Med* 183:161–7
32. Matsumura K, Yamamoto R, Kamagata T, et al (2020) A novel scale for predicting delayed intubation in patients with inhalation injury. *Burns J* 46:1201–7
33. Dyson K, Baker P, Garcia N, et al (2021) To intubate or not to intubate? Predictors of inhalation injury in burn-injured patients before arrival at the burn center. *Emerg Med Australas* 33:262–9
34. Chen TMB, Malli H, Maslove DM, et al (2013) Toxic inhalational exposures. *J Intensive Care Med* 28:323–33
35. Snow EA (2010) http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/%40ed_protect/%40protrav/%40safework/documents/normativeinstrument/wcms_112631.pdf (Dernier accès le 9 octobre 2021)
36. Sheridan RL, Greenhalgh D (2014) Special problems in burns *Surg Clin North Am* 94:781–91
37. Wright EH, Harris AL, Furniss D (2015) Cooling of burns: mechanisms and models *Burns* 41:882–9
38. Bitter CC, Erickson TB (2016) Management of burn injuries in the wilderness: lessons from low-resource settings. *Wilderness Environ Med* 27:519–25
39. Safar A, Bagues L (2015) Prise en charge en unité des brûlures de faible gravité. *Médecine et armées* 43:157–62
40. Zampieri FG, Ranzani OT, Azevedo LCP, et al (2016) Lactated ringer is associated with reduced mortality and less acute kidney injury in critically ill patients: a retrospective cohort analysis *Crit Care Med* 44:2163–70
41. Self WH, Semler MW, Wanderer JP, et al (2018) Balanced crystalloids versus saline in non-critically ill adults *N Engl J Med* 378:819–28
42. Barea-Mendoza J, Chico-Fernández M, Montejo-González JC (2018) Balanced crystalloids versus saline in critically ill adults. *N Engl J Med* 378:1950–1
43. Chung KK, Salinas J, Renz EM, et al (2010) Simple derivation of the initial fluid rate for the resuscitation of severely burned adult combat casualties: in silico validation of the rule of 10. *J Trauma Inj Infect Crit Care* 69:S49–S54
44. Soussi S, Berger MM, Colpaert K, et al (2018) Hemodynamic management of critically ill burn patients: an international survey. *Crit Care* 22:194
45. Shepherd G, Velez LI (2008) Role of hydroxocobalamin in acute cyanide poisoning. *Ann Pharmacother* 42:661–9
46. Touger M, Birnbaum A, Wang J, et al (2010) Performance of the RAD-57 pulse co-oximeter compared with standard laboratory carboxyhemoglobin measurement. *Ann Emerg Med* 56:382–8
47. Wolf SJ, Maloney GE, Shih RD, et al (2017) Clinical policy: critical issues in the evaluation and management of adult patients presenting to the emergency department with acute carbon monoxide poisoning. *Ann Emerg Med* 69:98–107
48. Villalba N, Osborn ZT, Derickson PR, et al (2019) Diagnostic performance of carbon monoxide testing by pulse oximetry in the emergency department. *Respir Care* 64:1351–7
49. Weaver LK, Churchill SK, Deru K, Cooney D (2013) False positive rate of carbon monoxide saturation by pulse oximetry of emergency department patients *Respir Care* 58:232–40
50. Hall AH, Mathieu L, Maibach HI (2018) Acute chemical skin injuries in the United States: a review. *Crit Rev Toxicol* 48:540–54
51. Alexander KS, Wasiak J, Cleland H (2018) Chemical burns: diphoterine untangled. *Burns J* 44:752–66
52. Kulkarni P, Jeffery S (2018) The effects of the use of diphoterine® solution on chemical burns in the Tarapur industrial complex. *India Burns Open* 2:104–7
53. Wang X, Zhang Y, Ni L, et al (2014) A review of treatment strategies for hydrofluoric acid burns: current status and future prospects. *Burns* 40:1447–57

54. République française (2018) http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2019/01/cir_44286.pdf (Dernier accès le 25 août 2021)
55. Cirrode A (2015) Prise en charge du brûlé de guerre à l'avant. *Médecine et armées* 43:139–48
56. Agence nationale de sécurité du médicament (2016) https://www.ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/6d62ed6e00a5a870546dc5ebf802fba6.pdf (Dernier accès le 25 août 2021)
57. Bargues L, Donat N, Jault P, Leclerc T (2010) Burns care following a nuclear incident. *Ann Burns Fire Disasters* 23:160–4
58. République française (2011) http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2011/03/cir_32735.pdf (Dernier accès le 25 août 2021)
59. O'Connor M, Wang JV, Gaspari AA (2019) Cold burn injury after treatment at whole-body cryotherapy facility. *JAAD Case Rep* 5:29–30
60. Sachs C, Lehnhardt M, Daigeler A, Goertz O (2015) The triaging and treatment of cold-induced injuries. *Dtsch Arzteblatt Int* 112:741–7
61. Nizamoglu M, Tan A, Vickers T, et al (2016) Cold burn injuries in the UK: the 11-year experience of a tertiary burns center. *Burns Trauma* 4:36
62. Bargues L, Fall MM (2015) Afflux massif de brûlés : la doctrine française de triage en temps de paix. *Ann Burns Fire Disasters* 28:50–6
63. Leclerc T, Hoffmann C, Forsans E, et al (2015) Transport aérien longue distance des brûlés graves : revue de la littérature et application pratique. *Ann Burns Fire Disasters* 28:57–66
64. Larréché S, Bousquet A, Soler C, et al (2018) Microbiology of French military casualties repatriated from overseas for an open traumatic injury. *Med Mal Infect* 48:403–9